

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 13 502 A 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
B23 K 9/20  
B 23 K 9/09

21 Aktenzeichen: P 43 13 502.1  
22 Anmeldetag: 24. 4. 93  
43 Offenlegungstag: 27. 10. 94

DE 43 13 502 A 1

71 Anmelder:

OBO Bettermann oHG, 58710 Menden, DE

74 Vertreter:

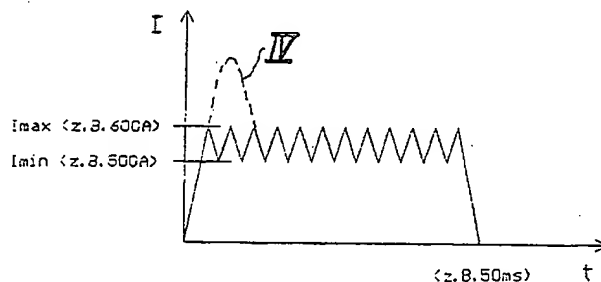
Köchling, C., Dipl.-Ing.; Köchling, C., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 58097 Hagen

72 Erfinder:

Hollmann, Burkhard, 5750 Menden, DE; Rarrek,  
Oliver, 5870 Hemer, DE

54 Verfahren zum Anschweißen von Schweißbolzen

- 57 Um ein Verfahren zum Anschweißen von Schweißbolzen mittels Kondensatorentladungsverfahren zu schaffen, bei dem ein gutes Schweißergebnis bei geringer Spritzwirkung und geringer Geräuschbildung erzielt werden kann, wird vorgeschlagen, daß die Kondensatorentladung getaktet wird, so daß der Kondensator bei Beginn des Schweißvorganges sich teilweise entlädt, parallel dazu ein elektrischer Energiespeicher aufgeladen wird, dann in einem zweiten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators vom Schweißstromkreis abgeschaltet und der Schweißstrom unter Entladung des Energiespeichers und beim Verfahren mit wechselnder Polarität unter paralleler Ladung des Kondensators durch den Energiespeicher aufrechterhalten wird und zwar bis zu einem Minimum des Schweißstromes, dann in einem dritten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators wieder in den Schweißstromkreis eingeschaltet wird und der Schweißstrom unter Entladung des Kondensators und paralleler Ladung des Energiespeichers wieder bis zu einem Maximum ansteigt, woraufhin wiederum der zweite Verfahrensschritt wechselweise mit dem dritten Verfahrensschritt durchgeführt wird, bis der Schweißvorgang eine einstellbare Zeitdauer durchlaufen hat und in einem vierten Verfahrensschritt der Schweißstromkreis unterbrochen wird.



DE 43 13 502 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anschweißen von Schweißbolzen oder dergleichen Bauteilen an ein Werkstück im Wege des Kondensatorentladungsverfahrens, wobei der Schweißbolzen oder dergleichen mit seiner einen konischen Schweißzugabebereich des Bolzens überragenden Zündspitze voraus an das Werkstück herangeführt wird, während der Zuführung durch Berührung der Zündspitze am Werkstück der Schweißstromkreis geschlossen wird und der Schweißstrom unter Entladung des Schweißkondensators zu fließen beginnt, die Zündspitze verdampft, ein Lichtbogen zwischen Bolzen und Werkstückoberfläche gebildet und der Bolzen in das an der Werkstückoberfläche entstehende Schmelzbad bis zur vollständigen Entladung des Schweißkondensators eingetaucht wird.

Beim Verschweißen von Schweißbolzen mittels des Kondensatorentladungsverfahrens mit Spitzenzündung (Graham-Verfahren) wird eine Kondensatorbatterie auf eine bestimmte Spannung aufgeladen. Aus der Ladespannung und der Kapazität des Kondensators ergibt sich die gespeicherte Energie. Der Schweißbolzen wird mit einer möglichst konstanten Geschwindigkeit in Richtung auf das Werkstück bewegt. Bei Berührung der Zündspitze des Schweißbolzens mit der Werkstückoberfläche beginnt der Schweißstrom zu fließen. Die Zündspitze verdampft aufgrund der hohen Stromdichte, und es bildet sich ein Lichtbogen zwischen Bolzen und Werkstückoberfläche. Da sich der Bolzen in Bewegung befindet, ergibt sich aus der ursprünglichen Zündspitzenlänge und der Bolzengeschwindigkeit die Zeit bis zum Eintauchen des Bolzens in das Schmelzbad. Diese Zeit entspricht der Lichtbogenbrenndauer. Sobald die Schweißung beendet ist, wird der Schweißstrom abgeschaltet.

Dieses Verfahren ist an sich vorteilhaft, jedoch erfolgt bei dem bekannten Verfahren die Kondensatorentladung in sehr kurzer Zeit und mit hohem Spitzenstrom, was dazu führt, daß unter Umständen das Schweißergebnis qualitativ nicht ausreichend ist. Weiterhin besteht eine erhebliche Neigung zum Erzeugen von Materialspritzern, weil der Vorschub des Bolzens in die Schmelze sehr schnell (in Anlehnung an die kurze Schweißzeit) erfolgt. Auch entstehen bei diesem Schweißverfahren erhebliche Geräusche, die als nachteilig empfunden werden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren gattungsgemäßer Art zu schaffen, bei dem ein gutes Schweißergebnis bei geringer Spritzwirkung und geringer Geräuschbildung erzielt werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, daß die Kondensatorentladung getaktet wird, derart, daß der geladene Kondensator bei Beginn des Schweißvorganges sich zunächst teilweise bis zu einem einstellbaren Maximum des Schweißstromes entlädt, parallel dazu ein elektrischer Energiespeicher aufgeladen wird, dann in einem zweiten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators vom Schweißstromkreis abgeschaltet und der Schweißstrom unter Entladung des Energiespeichers paralleler Ladung des Kondensators durch den Energiespeicher aufrecht erhalten wird und zwar bis zu einem Minimum des Schweißstromes, dann in einem dritten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators wieder in den Schweißstromkreis eingeschaltet wird und der Schweißstrom unter Entladung des Kondensators und paralleler Ladung des Energie-

speichers wieder bis zu einem Maximum ansteigt, woraufhin wiederum der zweite Verfahrensschritt wechselweise mit dem dritten Verfahrensschritt durchgeführt wird bis der Schweißvorgang eine einstellbare Zeitdauer durchlaufen hat und in einem vierten Verfahrensschritt der Schweißstromkreis unterbrochen wird.

Das Verfahren kann auch mit umgekehrter Polarität betrieben werden. Bei diesem Verfahren wird der Kondensator oder die Kondensatorbatterie getaktet, d. h. sie wird über einen längeren Zeitraum und mit geringerer Stromstärke entladen. Dies hat zur Folge, daß ein qualitativ gutes Schweißergebnis erzielt wird, wobei die Spritzneigung beim Eintauchen des Bolzens gering ist, weil der Vorschub des Bolzens in das Schmelzbad relativ erheblich langsamer als im Stand der Technik erfolgt. Auch die Geräuschbildung ist erheblich vermindert. Prinzipiell läuft der Verfahrensvorgang so ab, daß der Schweißstrom über einen elektronischen Schalter (beispielsweise MOSFET) und eine Induktivität zugeschaltet wird. Sobald die Zündspitze des Schweißbolzens das Grundmaterial berührt, steigt der Schweißstrom kontinuierlich an. Die Zündspitze schmilzt und leitet einen Lichtbogen ein. Gleichzeitig wird Energie in der Induktivität gespeichert. Bei Erreichen eines einstellbaren Strommaximums, beispielsweise bei einem maximalen Schweißstrom von 600 A öffnet der elektronische Schalter. Während der Ausschaltzeit dieses Schalters gibt die Induktivität die gespeicherte Energie wieder ab. Der Schweißstrom wird dabei aufrechterhalten.

Bei einem Stromminimum, beispielsweise bei 500 A, wird der elektronische Schalter wieder eingeschaltet und der Ablauf erfolgt analog mehrfach wiederholt. Der Ablauf erfolgt insgesamt bei hoher Frequenz, so daß beispielsweise über einen Zeitraum von 50 ms 10 oder 12 Zyklen ablaufen. Sobald die Schweißung beendet ist, wird der Schweißstrom abgeschaltet. Mit dem Verfahren kann auch derart gearbeitet werden, daß zunächst die Zündung der Zündspitze mittels konventioneller Kondensatorentladung erfolgt und die oben beschriebene getaktete Ladung erst nach Erreichen des ersten Stromminimums beispielsweise bei 500 A beginnt und dann analog der oben beschriebenen Vorgehensweise abläuft.

Insbesondere für das Anschweißen von Aluminiumbolzen ist eine ständig wechselnde Polarität vorteilhaft. Dazu wird vorgeschlagen, daß der Schweißvorgang unter ständig wechselnder Polarität des Schweißstromes getaktet durchgeführt wird.

Hierbei wird der Schweißstrom wie in dem oben beschriebenen Verfahren über einen elektronischen Schalter zugeschaltet. Während der Ausschaltzeit gibt die Induktivität die gespeicherte Energie unter Aufrechterhaltung des Schweißstromes wieder ab bis zu einem Stromminimum, an welchem der elektronische Schalter wieder eingeschaltet wird. Dies erfolgt über mehrere Zyklen. Zum Wechsel der Polarität wird der Schweißstrom bis zum Stromnulldurchgang abgesenkt und der Stromnulldurchgang zur Schaltung eines zweiten elektronischen Schalters genutzt, der aus einer zweiten Kondensatorbatterie einen Schweißstrom mit umgekehrter Polarität zuschaltet. Dieser zweite Schalter wird ebenso getaktet, wie dies oben beschrieben ist, bis ein erneuter Polaritätswechsel erfolgt. Der Vorgang erfolgt sich bis die eingestellte Schweißzeit beendet ist. Durch das Verfahren wird der Schweißvorgang insgesamt bei niedrigerer Stromstärke über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten und vergleichmäßig, woraus das bessere Schweißergebnis, die geringe Spritzwir-

kung und die geringe Geräuschbildung resultiert.

Eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißstromkreis aus dem Werkstück und einem mit der positiven Platte mit dem Werkstück verbundenen Schweißkondensator besteht, dessen negative Platte über einen elektronischen Schalter und eine Induktivität mit dem Schweißbolzen verbunden ist, wobei parallel zu der Induktivität, dem Schweißbolzen und dem Werkstück eine Freilaufdiode an die positive Platte des Kondensators geschaltet ist, in der Weise, daß der Schweißstrom durch Schließen des elektronischen Schalters zugeschaltet ist, der Schweißstrom infolge von Berührung der Zündspitze am Werkstück fließt und kontinuierlich ansteigt, die Zündspitze schmilzt und einen Lichtbogen einleitet, gleichzeitig elektrische Energie von der Induktivität gespeichert wird, bei Erreichen eines eingestellten Strommaximums der elektronische Schalter öffnet, bei geöffnetem Schalter die Induktivität die gespeicherte Energie über die Diode abgibt und so der Schweißstrom aufrechterhalten wird, bei einem Stromminimum der elektronische Schalter wieder schließt und der Vorgang bei hoher Frequenz wiederholt abläuft bis der Schweißvorgang beendet ist und der Schweißstrom abgeschaltet wird.

Eine unter Umständen bevorzugte Ausbildung der Schaltungsanordnung besteht darin, daß die Zündung der Zündspitze durch einen parallel zur Freilaufdiode geschalteten Zündkondensator mit vorgeschaltetem Zündthyristor erfolgt, wobei die getaktete Entladung des Schweißkondensators erst nach Erreichen des ersten Minimums des Schweißstromes beginnt.

Um das Verfahren mit wechselnder Polarität betreiben zu können, ist schaltungsmäßig vorgesehen, daß zwei Kondensatoren mit umgekehrter Polarität und mit jeweils einem elektronischen Schalter mit Reversediode parallel zueinander zwischen die Induktivität, Schweißbolzen und das Werkstück geschaltet sind, wobei eine getaktete Kondensatorentladung mit Polaritätswechsel des Schweißstromes in der Weise erfolgt, daß zunächst der Ablauf analog Anspruch 4 erfolgt, wobei der Schweißstrom über den einen elektronischen Schalter zugeschaltet wird und während des Ausschaltzyklusses dieses Schalters die Induktivität die gespeicherte Energie über die Reversediode des anderen elektronischen Schalters an den zweiten Kondensator abgibt und so der Schweißstrom aufrechterhalten bleibt, und bei einem sich einstellenden wählbaren Minimum des Schweißstromes der erste elektronische Schalter wieder eingeschaltet, was sich über mehrere Zyklen wiederholt, wobei zum Wechsel der Polarität bei Nulldurchgang des Schweißstromes der zweite elektronische Schalter eingeschaltet und der erste ausgeschaltet wird, so daß der Schweißstrom mit umgekehrter Polarität zugeschaltet ist, wobei der zweite Schalter wieder über mehrere Zyklen taktet und während dessen Ausschaltzyklus die Induktivität die gespeicherte Energie über die Reversediode des ersten elektronischen Schalters an den ersten Schweißkondensator abgibt.

Das Verfahren und die Schaltungsanordnung ist nachstehend anhand schematisierter Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine kontaktierte Kondensatorentladungskurve gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine konventionelle Kondensatorentladungskurve;

Fig. 3 eine erste Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4 eine Variante hierzu;

Fig. 5 eine Schaltungsanordnung mit wechselnder Polarität;

Fig. 6 eine Variante hierzu entsprechend der Ausführungsform Fig. 4;

Fig. 7 die Stromverlaufskurve des Schweißstromes bei getakteter Kondensatorentladung mit wechselnder Polarität.

In der Fig. 2 ist der Verlauf des Schweißstromes über der Zeit aufgetragen, wobei dort die konventionelle Kondensatorentladung gezeigt ist. Beim Anschweißen von Schweißbolzen oder dergleichen Bauteilen an ein Werkstück im Wege des Kondensatorentladungsverfahrens wird der Schweißbolzen mit seiner einen konischen Schweißzugabebereich des Bolzens überragenden Zündspitze voraus an das Werkstück herangeführt. Während der Zuführung wird durch Berührung der Zündspitze am Werkstück der Schweißstromkreis geschlossen und der Schweißstrom beginnt entsprechend der Entladungskurve gemäß Fig. 2 unter Entladung des Schweißkondensators oder der Schweißkondensatorbatterie zu fließen. Die Zündspitze verdampft und es entsteht ein Lichtbogen zwischen Bolzen und Werkstückoberfläche. An der Werkstückoberfläche entsteht ein Schmelzbad, in welches der Bolzen eingetaucht wird, bis zur vollständigen Entladung des Schweißkondensators.

Konventionell läuft diese Kondensatorentladung mit einer maximalen Stromstärke von beispielsweise 10 kA ab, während der gesamte Vorgang über drei Millisekunden sich erstreckt. Infolgedessen muß der Bolzen mit hoher Geschwindigkeit in die Schmelze vorgeschoben werden, woraus eine erhebliche Spritzneigung resultiert. Zudem ist durch die hohe Stromstärke eine erhebliche Geräuschbildung bewirkt. Infolge der extremen Stromstärke und der extrem kurzen Zeit können leicht Fehler beim Verschweißen auftreten.

Erfindungsgemäß wird gemäß der Schweißstromkurve Fig. 1 bzw. Fig. 7 die Kondensatorentladung getaktet. Hierbei steigt zunächst bei Beginn des Schweißvorganges der Schweißstrom auf einen maximalen Wert von  $I_{\max}$  zum Beispiel 600 A an, und zwar in Folge der Berührung der Zündspitze mit dem Grundmaterial. Die Zündspitze schmilzt und leitet einen Lichtbogen ein. Gleichzeitig wird Energie in einem elektrischen Energiespeicher gespeichert. Bei Erreichen des eingestellten Strommaximums von 600 A wird in einem zweiten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators vom Schweißstromkreis abgeschaltet und der Schweißstrom unter Entladung des Energiespeichers und beim Verfahren mit wechselnder Polarität unter paralleler Ladung des Kondensators durch den Energiespeicher aufrechterhalten und zwar bis zu einem Minimum des Schweißstromes ( $I_{\min}$ , beispielsweise 500 A). Bei Erreichen des Minimums des Schweißstromes wird in einem dritten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators wieder in den Schweißstromkreis eingeschaltet und der Schweißstrom steigt unter Entladung des Kondensators und paralleler Ladung des Energiespeichers wieder bis zu einem Maximum ( $I_{\max}$ ) an. Daran anschließend schließen sich wechselweise der zweite und der dritte Verfahrensschritt an, bis der Schweißvorgang eine einstellbare Zeitdauer von beispielsweise 50 ms durchlaufen hat und in einem vierten Verfahrensschritt der Schweißstromkreis unterbrochen wird.

Es ist auch möglich, die Zündung der Zündspitze mittels konventioneller Kondensatorentladung durchzuführen. Dies entspricht der gestrichelten Stromverlaufs-

kurve in Fig. 1. Die getaktete Entladung beginnt dann erst nach Erreichen des ersten Stromminimums in Verlängerung der gestrichelten Kurve IV in Fig. 1 bei Erreichen der Stromstärke  $I_{\min}$  von 500 A. Der getaktete Ablauf ist dann analog der vorherigen Beschreibung.

In Fig. 7 ist die getaktete Kondensatorentladung (I über t) gezeigt, wobei die Polarität gewechselt wird. Es wird dabei jeweils nach einer Anzahl von Taktzyklen auf die andere Polarität umgeschaltet, so daß ein ständiger Polaritätswechsel erfolgt. Dies ist insbesondere beim Verschweißen von Aluminiumbolzen notwendig und vorteilhaft.

In Fig. 3 ist eine erste Schaltungsanordnung gezeigt, die der Stromverlaufkurve gemäß Fig. 1 in durchgezogenen Linien entspricht. Dabei ist der Schweißstromkreis aus dem Werkstück 1 und einem mit der positiven Platte 2 mit dem Werkstück verbundenen Schweißkondensator oder Schweißkondensatorbatterie 3 gebildet, dessen negative Platte 4 über einen elektronischen Schalter 5, insbesondere einen MOSFET, und eine Induktivität 6 mit dem Schweißbolzen 7 verbunden ist. Parallel zur Induktivität 6 und dem Schweißbolzen 7 sowie dem Werkstück 1 ist eine Freilaufdiode 8 mit ihrem Ausgang an die positive Platte 2 des Kondensators geschaltet und zwar in der Weise, daß der Schweißstrom durch Schließen des elektronischen Schalters 5 zugeschaltet ist, der Schweißstrom in Folge der Berührung der Zündspitze des Schweißbolzens 7 mit dem Werkstück 1 fließt und kontinuierlich ansteigt, wie aus dem im Nullpunkt beginnenden ansteigenden Ast der Stromverlaufkurve gemäß Fig. 1 ersichtlich ist. Die Zündspitze des Schweißbolzens 7 schmilzt ab und leitet einen Lichtbogen ein, wobei gleichzeitig elektrische Energie von der Induktivität 6 gespeichert wird. Bei Erreichen des in Fig. 1 ersichtlichen ersten Strommaximums  $I_{\max}$  zum Beispiel 600 A öffnet der elektronische Schalter 5. Bei geöffnetem Schalter 5 gibt die Induktivität 6 die gespeicherte Energie über die Freilaufdiode 8 ab, so daß der Schweißstrom aufrechterhalten bleibt, wie aus dem ersten absteigenden Ast der Stromverlaufkurve in Fig. 1 ersichtlich.

Bei Erreichen eines Stromminimums bei  $I_{\min}$  bzw. 500 A schließt der elektronische Schalter 5 wieder und der Vorgang läuft erneut ab, wie vorher beschrieben. Hieraus ergibt sich eine Stromverlaufkurve, wie aus Fig. 1 ersichtlich. Der gesamte Vorgang läuft mit hoher Frequenz ab, bis der Schweißvorgang beendet ist. Die Schweißzeit beträgt in dem gezeigten Ausführungsbeispiel 50 ms. Nach Beendigung des Schweißvorganges wird der Schweißstrom abgeschaltet.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 ist zusätzlich ein Zündthyristor 9 und ein Zündkondensator 10 parallel zur Induktivität 6, Bolzen 7 und Werkstück 1 geschaltet, wobei bei dieser Ausführungsform die Zündung der Zündspitze des Bolzens 7 mittels konventioneller Kondensatorentladung des Zündkondensators 10 erfolgt. Der dabei entstehende Stromverlauf ist in Fig. 1 in gestrichelten Linien gezeigt. Die getaktete Entladung beginnt erst nach Erreichen des ersten Stromminimums in Fortsetzung des gestrichelten absteigenden Asts der Stromverlaufkurve IV in Fig. 1.

In Fig. 5 bis 7 ist eine getaktete Kondensatorentladung mit wechselnder Polarität gezeigt. Insbesondere für das Schweißen von Aluminiumbolzen ist eine ständig wechselnde Polarität vorteilhaft. Bei der Schaltungsanordnung sind zwei Kondensatoren 3, 3' mit umgekehrter Polarität und mit jeweils einem elektronischen Schalter 5, 5' mit Reversediode parallel zueinander zwi-

schen die Induktivität 6, Schweißbolzen 7 und Werkstück 1 geschaltet, wobei eine getaktete Kondensatorentladung mit Polaritätswechsel des Schweißstromes in der Weise erfolgt, daß zunächst der Ablauf analog im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 bzw. 3 erfolgt. Dabei wird der Schweißstrom über den einen elektronischen Schalter 5 zugeschaltet und während des Ausschaltzyklus dieses Schalters 5 gibt die Induktivität 6 die gespeicherte Energie über die Reversediode des anderen elektronischen Schalters 5' an den zweiten Kondensator 3' ab. Der Schweißstrom bleibt so aufrechterhalten. Bei einem sich einstellenden vorwählbaren Minimum von beispielsweise 500 A des Schweißstromes schaltet der erste elektronische Schalter 5 wieder ein, was sich über mehrere Zyklen wiederholt. Zum Wechsel der Polarität wird der Schweißstrom bis auf Null durchgang abgesenkt, wobei beim Nulldurchgang des Schweißstromes der zweite elektronische Schalter 5' eingeschaltet und der erste Schalter 5 ausgeschaltet wird. Der Schweißstrom ist nun mit umgekehrter Polarität zugeschaltet, wobei der zweite Schalter 5' wieder über mehrere Zyklen taktet und während dessen Ausschaltzyklus die Induktivität 6 die gespeicherte Energie über die Reversediode des ersten elektronischen Schalters 5 an den ersten Schweißkondensator 3 abgibt. Die Stromverlaufkurve, die sich hieraus ergibt, ist in Fig. 7 gezeigt.

In Fig. 6 ist wiederum eine Variante gezeigt, bei der die Zündung der Zündspitze des Schweißbolzens 7 mittels konventioneller Kondensatorentladung erfolgt, wozu ein Zündthyristor 9 und ein Zündkondensator 10 parallel zur Induktivität 6, dem Schweißbolzen 7 und dem Werkstück 1 geschaltet ist. Hieraus ergibt sich ein Beginn der Stromverlaufkurve wie in Fig. 7 bei IV gestrichelt gezeichnet.

Selbstverständlich kann das Verfahren auch mit umgekehrter Polarität entsprechend der zeichnerischen Darstellungen in Fig. 3, 4 bzw. 5, 6 betrieben werden. Daraus ergibt sich dann eine Stromverlaufkurve umgekehrter Orientierung, als der in Fig. 1 und 7 gezeigten.

Die Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt, sondern im Rahmen der Offenbarung vielfach variabel.

Alle neuen, in der Beschreibung und/oder Zeichnung offenbarten Einzel- und Kombinationsmerkmale werden als erfindungswesentlich angesehen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Anschweißen von Schweißbolzen oder dergleichen Bauteilen an ein Werkstück im Wege des Kondensatorentladungsverfahrens, wobei der Schweißbolzen oder dergleichen mit seiner einen konischen Schweißzugabebereich des Bolzens überragenden Zündspitze voraus an das Werkstück herangeführt wird, während der Zuführung durch Berührung der Zündspitze am Werkstück der Schweißstromkreis geschlossen wird und der Schweißstrom unter Entladung des Schweißkondensators zu fließen beginnt, die Zündspitze verdampft, ein Lichtbogen zwischen Bolzen und Werkstückoberfläche gebildet und der Bolzen in das an der Werkstückoberfläche entstehende Schmelzbad bis zur vollständigen Entladung des Schweißkondensators eingetaucht wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Kondensatorentladung getaktet wird, derart, daß der geladene Kondensator bei Beginn des Schweißvorganges sich zunächst

teilweise bis zu einem einstellbaren Maximum des Schweißstromes entlädt, parallel dazu ein elektrischer Energiespeicher aufgeladen wird, dann in einem zweiten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators vom Schweißstromkreis abgeschaltet und der Schweißstrom unter Entladung des Energiespeichers und beim Verfahren mit wechselnder Polarität unter paralleler Ladung des Kondensators durch den Energiespeicher aufrecht erhalten wird und zwar bis zu einem Minimum des Schweißstromes, dann in einem dritten Verfahrensschritt die negative Platte des Kondensators wieder in den Schweißstromkreis eingeschaltet wird und der Schweißstrom unter Entladung des Kondensators und paralleler Ladung des Energiespeichers wieder bis zu einem Maximum ansteigt, woraufhin wiederum der zweite Verfahrensschritt wechselweise mit dem dritten Verfahrensschritt durchgeführt wird bis der Schweißvorgang eine einstellbare Zeitdauer durchlaufen hat und in einem vierten Verfahrensschritt der Schweißstromkreis unterbrochen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißvorgang unter ständig wechselnder Polarität des Schweißstromes getaktet durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Polaritätswechsel nach jeweils einer Mehrfachfolge von zweitem und drittem Verfahrensschritt vorgenommen wird.

4. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schweißstromkreis aus dem Werkstück (1) und einem mit der positiven Platte (2) mit dem Werkstück (1) verbundenen Schweißkondensator (3) besteht, dessen negative Platte (4) über einen elektronischen Schalter (5) und eine Induktivität (6) mit dem Schweißbolzen (7) verbunden ist, wobei parallel zu der Induktivität (6), dem Schweißbolzen (7) und dem Werkstück (1) eine Freilaufdiode (8) an die positive Platte (2) des Kondensators (3) geschaltet ist, in der Weise, daß der Schweißstrom durch Schließen des elektronischen Schalters (5) zugeschaltet ist, der Schweißstrom infolge von Berührung der Zündspitze am Werkstück (1) fließt und kontinuierlich ansteigt, die Zündspitze schmilzt und einen Lichtbogen einleitet, gleichzeitig elektrische Energie von der Induktivität (6) gespeichert wird, bei Erreichen eines eingestellten Strommaximums der elektronische Schalter (5) öffnet, bei geöffnetem Schalter (5) die Induktivität (6) die gespeicherte Energie über die Diode (8) abgibt und so der Schweißstrom aufrechterhalten wird, bei einem Stromminimum der elektronische Schalter (5) wieder schließt und der Vorgang bei hoher Frequenz wiederholt abläuft bis der Schweißvorgang beendet ist und der Schweißstrom abgeschaltet wird.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zündung der Zündspitze durch einen parallel zur Freilaufdiode (8) geschalteten Zündkondensator (10) mit vorgeschaltetem Zündthyristor (9) erfolgt, wobei die getaktete Entladung des Schweißkondensators (3) erst nach Erreichen des ersten Minimums des Schweißstromes beginnt.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Kondensatoren (3, 3') mit umgekehrter Polarität und mit jeweils

einem elektronischen Schalter (5, 5') mit Reverse-diode parallel zueinander zwischen die Induktivität (6), Schweißbolzen (7) und das Werkstück (1) geschaltet sind, wobei eine getaktete Kondensator-entladung mit Polaritätswechsel des Schweißstromes in der Weise erfolgt, daß zunächst der Ablauf analog Anspruch 4 erfolgt, wobei der Schweißstrom über den einen elektronischen Schalter (5 oder 5') zugeschaltet wird und während des Ausschaltzyklusses dieses Schalters (5 oder 5') die Induktivität (6) die gespeicherte Energie über die Reverse-diode des anderen elektronischen Schalters (5' oder 5) an den zweiten Kondensator (3' oder 3) abgibt und so der Schweißstrom aufrechterhalten bleibt, und bei einem sich einstellenden wählbaren Minimum des Schweißstromes der erste elektronische Schalter (5 oder 5') wieder einschaltet, was sich über mehrere Zyklen wiederholt, wobei zum Wechsel der Polarität bei Nulldurchgang des Schweißstromes der zweite elektronische Schalter (5' oder 5) eingeschaltet und der erste ausgeschaltet wird, so daß der Schweißstrom mit umgekehrter Polarität zugeschaltet ist, wobei der zweite Schalter (5' oder 5) wieder über mehrere Zyklen taktet und während dessen Ausschaltzyklus die Induktivität (6) die gespeicherte Energie über die Reverse-diode des ersten elektronischen Schalters (5 oder 5') an den ersten Schweißkondensator (3 oder 3') abgibt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1

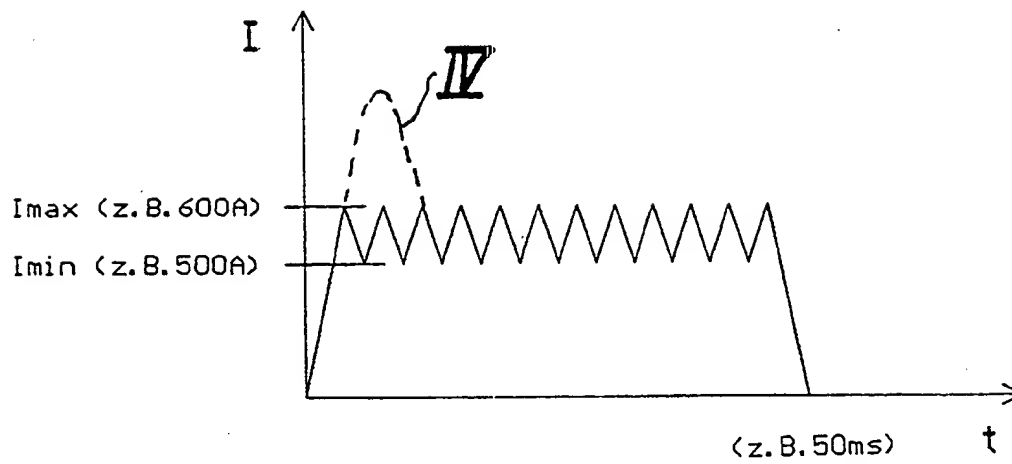


Fig. 2

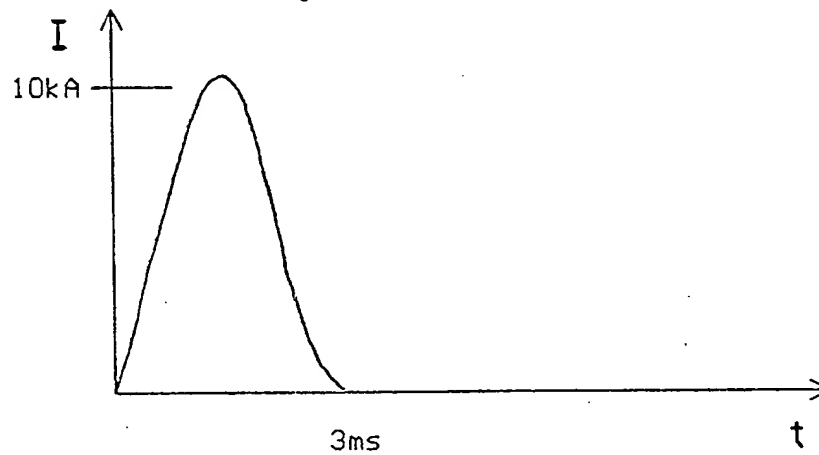


Fig. 3

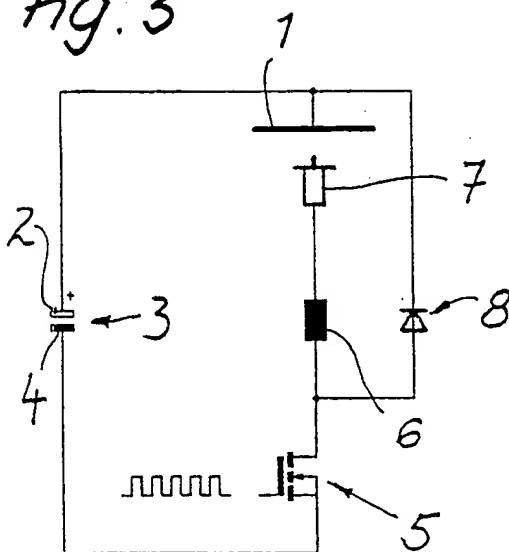
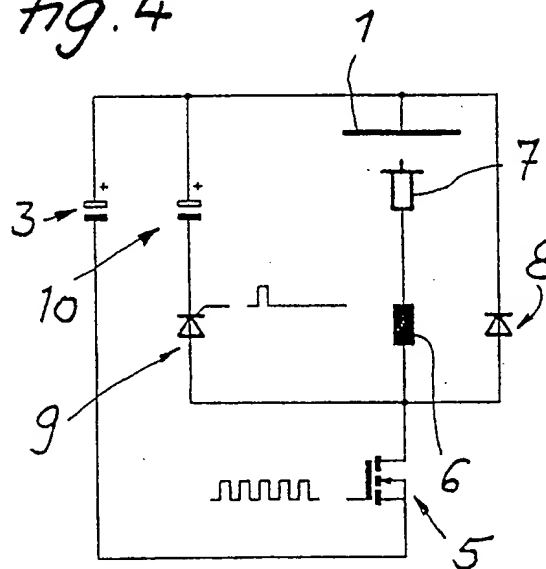


Fig. 4



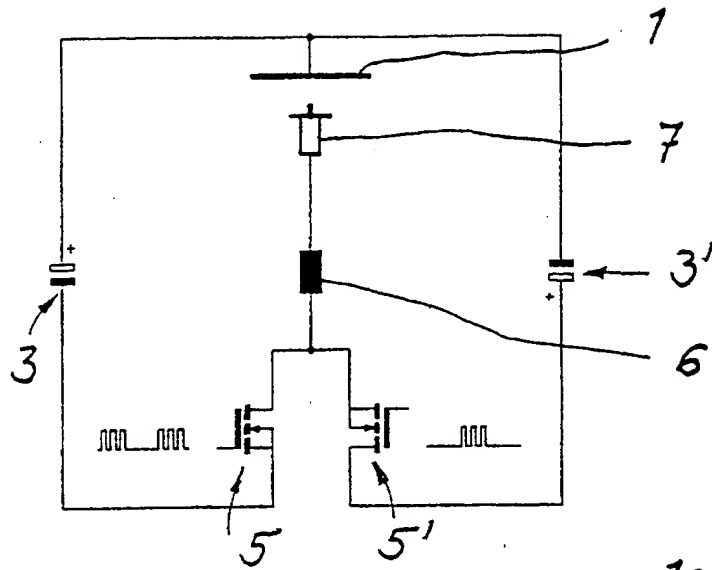


Fig. 5

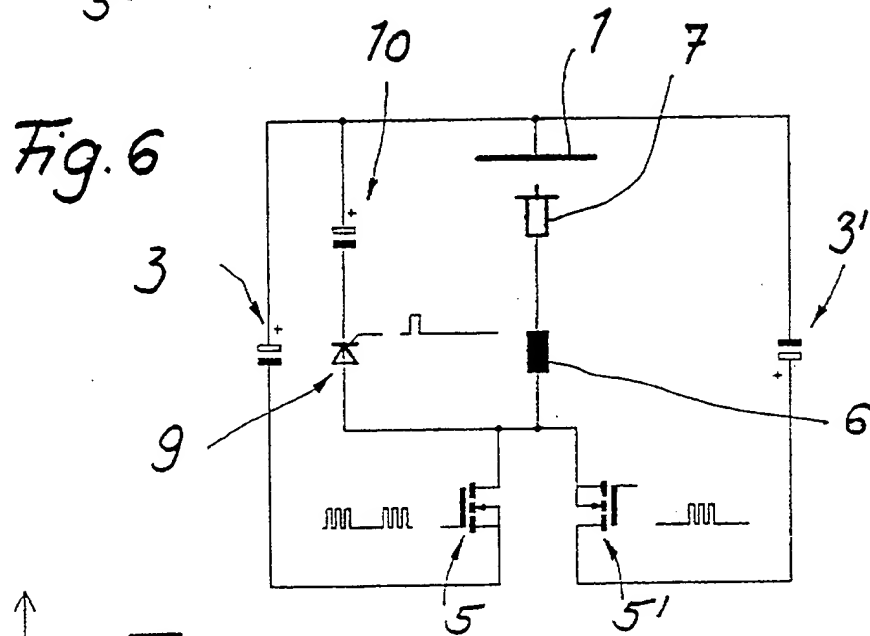


Fig. 6

Fig. 7

